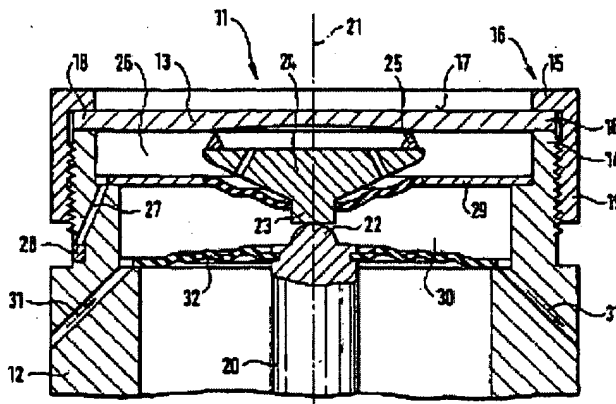


Deformable mirror for laser material machining apparatus, has actuator supported against rear side of mirror plate at diametrally opposite positions that are displaced radially out of longitudinal axis of mirror

Patent number: DE10001900
Publication date: 2001-08-16
Inventor: FREISLEBEN BRIGITTE (DE); SCHMIEDL REINHARD (DE); BAER KLAUS (DE)
Applicant: DIEHL MUNITIONSSYSTEME GMBH (DE)
Classification:
- **international:** G02B26/00; B23K26/00
- **european:** B23K26/06, G02B7/00T, G02B7/18T, G02B26/08M2, G02B27/09
Application number: DE20001001900 20000119
Priority number(s): DE20001001900 20000119; DE20001066204 20000119

Abstract of DE10001900

The deformable mirror (11) has translatable actuator (20) arranged between rear side of mirror plate and mirror housing (12). The actuator is supported against the rear side of plate at diametrally opposite positions which are displaced radially out of the longitudinal axis (21) of the mirror. A mirror surface (17) which is opposite to the plate, is curved in the form of hollow spherical portion by actuator coaxially engaged against the plate.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

21 Aktenzeichen: 100 01 900.5
22 Anmeldetag: 19. 1. 2000
43 Offenlegungstag: 16. 8. 2001

71 Anmelder:
Diehl Munitionssysteme GmbH & Co. KG, 90552
Röthenbach, DE
74 Vertreter:
Hofmann, G., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 90478 Nürnberg

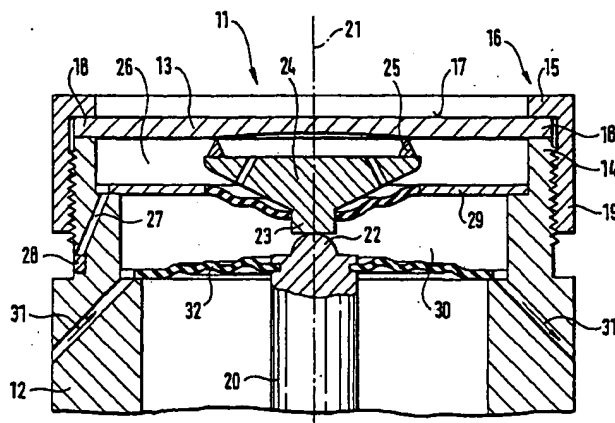
72 Erfinder:
Bär, Klaus, 91207 Lauf, DE; Freisleben, Brigitte, Dr.,
90411 Nürnberg, DE; Schmiedl, Reinhard, 91781
Weißenburg, DE
56 Entgegenhaltungen:
DE 40 29 075 C1
DE 42 36 355 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Deformierbarer Spiegel, insbesondere für eine Laserstrahl-Materialbearbeitungseinrichtung

57 Bei einem deformierbaren Spiegel (11) mit einer insbesondere für hohe Laserfrequenzen glasförmigen Spiegelplatte (13) und einem konzentrisch auf der Rückseite der Spiegelplatte (13) angreifenden Axial-Aktuator (20) wird bei verringertem Aktuator-Hub für gleiche Kuppelhöhe - die Kuppel der konvexen Auswölbung der Spiegelplatte (13) großflächiger und besser der wünschenswerten Sphäre angenähert, wenn statt einer zentralen Krafteinleitung eine dezentrale Krafteinleitung an einander diametral gegenüberliegenden Stellen gewählt wird. Dafür arbeitet der Aktuator (20) auf einen hinter der Spiegelplatte (13) gelegenen Ring (25), der vorzugsweise integral mit der Spiegelplatte (13) ausgebildet ist. Wenn die Druckeinleitung in die Rückseite der Spiegelplatte (13) nicht längs eines kreisförmigen sondern längs eines im Querschnitt elliptischen Ringes (25) erfolgt, werden auch bei großen Strahleinfallswinkeln Astigmatismuseffekte zuverlässig vermieden. Die Sphäre der Spiegelplatte (17) läßt sich außer über die Querschnittsgeometrie des Ringes (25) auch über eine zentralsymmetrische Schwächung der Spiegelplatte (13) beeinflussen, sowie durch statischen Überdruck einer fluidgefüllten Kammer (26) hinter der Spiegelplatte (13). In der Spiegelplatte (13) entstehende Verlustwärme wird über die Fluidfüllung der Kammer (26) und deren gut wärmeleitende, relativ biegesteife Rückwand (29) in einen als Wärmesenke dahinter gelegenen Wärmeaustauscherraum (30) druckabhängig variablen Volumens ...



Die Erfindung betrifft einen deformierbaren Spiegel gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein gattungsgemäßer Spiegel ist aus der US-PS 5,777,807 bekannt. Solche Spiegel sind seit Jahren in Laserbearbeitungsmaschinen erfolgreich im Einsatz, um im Strahlweg direkt hinter der Laserquelle die Strahltille bzw. direkt vor der Fokussieroptik die Geometrie und den Abstand des Fokussflecks bestimmen und dabei Einflüsse variabler Strahlweglängen kompensieren zu können, wie in der CH 686 032 A5 näher beschrieben. Wenn allerdings eine vorhandene Laserstrahl-Bearbeitungseinrichtung erst nachträglich mit einem solchen deformierbaren Spiegel als prozessoptimierendem optischem System ausgestattet werden soll, dann kann dessen durch den Linear-Aktuator bedingte rückwärtige Baulänge störend in den Verfahrensweg der Handhabungseinrichtungen für die Werkstücke hineinragen. In Hinblick darauf, daß in der Praxis zunehmend mit Laserstrahlen größeren Durchmesser gearbeitet wird, wäre es auch wünschenswert, nicht nur in der engeren Umgebung der mittigen axialen Krafteinleitung in das Zentrum der Spiegelplatte eine angenähert kugelkappenförmig konvexe Ausbeulung der reflektierenden Spiegelplattenoberfläche zu erzielen, sondern auch eine der Sphäre möglichst gut angenäherte Verformung über einen möglichst großen Flächenbereich in der Umgebung des Spiegelplattenmittelpunktes zu erzielen.

Aus diesen Erkenntnissen resultiert die aktuelle technische Problemstellung, den an sich bewährten deformierbaren Spiegel gattungsgemäßer Art noch dahingehend weiterzubilden, daß einerseits eine geringere Bauhöhe für einen vorgegebenen Hub erforderlich ist und andererseits mit diesem Hub über selbst eine größere Spiegelfläche eine bessere sphärisch konvexe Verformung erzielt wird.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die im Hauptanspruch angegebenen wesentlichen Merkmale erfüllt sind. Danach greift der translatorisch wirkende Aktuator an exzentrischen, bezüglich des Verformungs-Mittelpunktes einander diametral gegenüberliegenden Positionen hinter der Spiegelfläche gegen die Spiegelplatte an. Wegen der Axialhalterung des Randes der Spiegelplatte resultiert aus dieser exzentrischen Krafteinleitung – gegenüber der zentralen – ein Hebeleffekt, der bei gleichem axialem Hub zu stärkerer Auswölbung dem Plattenrand gegenüber, also im Zentralbereich der Spiegelplatte führt, als ein gleicher aber direkt hinter dem Plattenzentrum eingebrachter Hub. Somit genügt nun für gleiche Auslenkung des Plattenzentrums unter sonst gleichen Gegebenheiten eine geringere Baulänge des Aktuators. Außerdem führt die dem Hub entgegenwirkende axiale Randeinspannung der Spiegelplatte im Querschnitt nun in einem vergrößerten Mittenbereich zu einer – verglichen mit der zentralen Krafteinleitung – weniger parabolischen als vielmehr wie gewünscht kreisbogenförmigen Auswölbung der Spiegelfläche von ihrem Zentrum bis weit über den Bereich der exzentrischen Krafteinleitung seitlich hinaus.

Die Folge der exzentrischen Angriffspunkte des Aktuators hinter der Spiegelplatte kann längs einer Spur diskret gestaffelt oder kontinuierlich verlaufen, also als eine Folge von einander benachbarten dünnen Zapfen oder als umlaufender Ring realisiert sein. Die Spur dieser Angriffspunkte und damit die Geometrie des Axial-Querschnitts des Ringes muß nicht kreisförmig sein. Eine ovale Querschnittsgeometrie (quer zur Systemachse durch den Mittelpunkt der Spiegelplatte) führt zu orthogonal unterschiedlichen Krümmungsradien, und dabei weist das Radiusverhältnis 1 : 2 den großen Vorteil auf, daß selbst bei einem Einfallswinkel von

etwa 45° für eine 90°-Strahlumlenkung und trotz runder Spiegelplatte Astigmatismus infolge zwangsläufiger Kompensation von Brennweitenfehlern praktisch vermieden wird.

Zusätzliche Alternativen und Weiterbildungen sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus nachstehender Beschreibung eines in der Zeichnung unter Beschränkung auf das Wesentliche stark abstrahiert und nicht maßstabsgerecht skizzierten bevorzugten Realisierungsbeispiels zur erfindungsgemäßen Lösung. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 die geometrischen Verhältnisse beim Übergang von einer zentralen zu diametral gegenüberliegend dezentralen Krafteinleitungen hinter einer längs ihres Randes axial festgelegten Spiegelplatte und

Fig. 2 einen grundsätzlichen konstruktiven Aufbau für eine infolge dezentraler Krafteinleitung zentral verformte Spiegelfläche im abgebrochenen Axial-Längsschnitt.

Die strichpunktierte Kurve in Fig. 1 stellt einen Querschnitt durch eine flache Hohlkugelkappe dar, wobei aufgrund starker Maßstabsvergrößerung in der Höhe gegenüber der Breitenskalierung die im Zentralbereich physische Kreisform darstellerisch zur Ellipse wird.

Die ausgezogene Kurve in Fig. 1 stellt die konvexe Ausbeulung einer am Rande in einander diametral gegenüberliegenden Bereichen axial gehaltenen Spiegelplatte 13 bei zentraler Krafteinleitung dar. Diese Verformung, die bei einer runden und rundum festgelegten Spiegelplatte 13 nur im Scheitelpunkt kreisbogenförmig (also im Dreidimensionalen sphärisch) ist, zeigt gegenüber der idealen Verformungskurve (strichpunktiert in Fig. 1) steilere Flanken.

Wenn dagegen die Krafteinleitung zur Ausbeulung der Spiegelplatte 13 aus der Zentralachse 21 heraus zu einander diametral gegenüberliegenden Seiten verlegt wird, ergibt sich über einen weiten Bereich in der Umgebung des Zentrums eine zunehmende Anschmiegung der (ausgezogen dargestellten) nicht-idealen Verformungskurve an den idealen Verlauf der Sphäre (strichpunktiert mittig in Fig. 1) bis kurz vor die axiale Halterung 16 des Randbereiches 18 der Spiegelplatte 13. Diese Approximation an die gewünschte, möglichst ideale Kreis- bzw. Kugelform läßt sich also durch die Lage des diametralen Paares von Angriffspunkten hinter der Spiegelplatte 13 relativ zum Zentrum beeinflussen.

Aufgrund der Hebelwirkung um jeden Aktuator-Angriffspunkt zum Einbringen der achsparallelen Auslenkkraft als dem jeweiligen Hebeldrehpunkt, mit Erstreckung des gemäß Fig. 1 unsymmetrisch zweiarmigen Hebels radial bezüglich der bevorzugt runden Spiegelplatte 13 von deren Rand 18 über den Angriffspunkt hinaus zum Plattenzentrum in der Achse 21, bedarf es wie aus Fig. 1 ersichtlich für gleiche Höhe der Auswölbung im Plattenzentrum wesentlich weniger Stellhubs seitens des Aktuators 20 (gestrichelte Pfeile in Fig. 1), als bei zentralem Kraftangriff.

Dieses in Fig. 1 skizzierte Funktionsprinzip wird durch einen Spiegel 11 gemäß Fig. 2 realisiert. Er weist stirnseitig vor seinem im wesentlichen dickwandig-rohrförmigen Gehäuse 12 eine aus ihrer (planen oder schon verwölbten) Ruhelage mehr oder weniger in axialer Richtung verformbare Spiegelplatte 13 auf. Die ist längs ihres Randes 18 vor der im Querschnitt ringförmigen Stirn 14 des Gehäuses 12 in einer axialen Halterung 16 am Gehäuse 12 festgelegt.

Die Spiegelplatte 13 kann aus Laserstrahlen möglichst verlustfrei reflektierendem Metall gegossen oder gearbeitet sein, etwa aus Kupfer. Eine größere Wechselbeanspruchung ohne bleibende Verformung in der Umgebung der Druckeinleitungsbereiche der Platte 13 weist allerdings Feinstruktur-Messing der Art auf, wie es in der DE-PS 37 10 334 näher beschrieben ist. Unter bestimmten Gesichtspunkten können

aus Einkristall wie Silizium geschnittene Scheiben vorteilhaft sein, erforderlichenfalls gemäß DE-OS 38 09 921 aus einzelnen Elementen zu einer großflächigen Spiegelplatte 13 verschweißt. Vorzugsweise ist die Spiegelplatte aber als eine Verbundplatte aus hochfest elastischem Trägermaterial auf Kupferbasis mit galvanisch aufgebracht und diamantgefräster Kupferschicht als Spiegelfläche 17 ausgelegt, weil dann Eigenspannungen weitestgehend vermeidbar sind. Für den Sonderfall besonders kurzwelliger Laserstrahlen etwa der Neodyne-Yag-Laser, die im Bereiche der Material-Oberflächenbehandlung zunehmend an Bedeutung gewinnen, ist aber eine polierte gläserne Spiegelplatte 13 wegen ihrer extrem glatten Oberfläche 17 optimal.

Die strahlseitige Spiegelfläche 17 der jeweiligen Spiegelplatte 13 ist in der Regel nach ihrer mechanischen Bearbeitung planiert und durch dielektrische Bedampfung reflektierend sowie ggf. frequenzselektiv beschichtet.

Dem Zentrum gegenüber liegt die Spiegelplatte 13 mit ihrem in der Regel kreisförmig umlaufenden seitlichen Rand 18 auf der geometrisch entsprechend ringförmigen Stirn 14 des Gehäuses 12 auf. Für die axiale Halterung 16 wird der Rand der 18, der Stirn 14 axial gegenüber, vom radial nach innen flanschförmig umlaufenden Bund 15 einer Überwurfmutter 19 seitlich übergriffen. Diese axiale Halterung 16 ist in axialer Richtung steif, während die Spiegelplatte 13 in radialer Richtung, etwa erwärmungsbedingt, arbeiten kann, um ein radiales Verstauchen, also ein nicht auf axialen Stellhub zurückzuführendes Ausbeulen zu vermeiden.

Für die gesteuerte konvexe Verformung der Spiegelplatte 13 ist koaxial hinter ihr, gegen ihre Rückseite ein seinerseits gegenüberliegend am Gehäuse 12 abgestützter Linear-Aktuator 20 eingespannt, bei dem es sich bevorzugt um eine elektromechanische Piezo-Säule handelt. Deren Auslenkung in Richtung der System-Längsachse 21 wird zwischen einer balligen Kuppe 22 und einem an diese eben angrenzenden Sockel 23 auf einen kegelförmig sich radial aufweitenden Stempel 24 übertragen. Die ballige Anlage der Kappe 22 (die wie skizziert dem Aktuator 20, aber auch dem Stempel 24 konstruktiv zugeordnet sein kann) gegen einen axial benachbart plan berandeten Sockel 23 bewirkt, daß auch dann keine Verkantung – also keine ungewollte asymmetrische Verformung infolge Verkippen der Spiegelplatte 13 aus der Querlage zur zentralen Achse 21 – auftritt, wenn diese Abstützung einmal nicht genau in der Zentralachse 21 liegen sollte.

Der Stempel 24 liegt über einen zapfenförmigen (also unterbrochenen) oder kontinuierlich umlaufenden Ring 25 rückwärts, also der reflektierenden Spiegelfläche 17 gegenüber konzentrisch zur Rand-Halterung 16 gegen die Spiegelplatte 13 an. Deren Abstützung erfolgt somit hier exzentrisch zur zentralen Achse 21, nämlich jeweils an jeweils zwei aneinander diametral gegenüberliegenden Punkten einer un stetigen oder einer infinitesimalen Punktfolge längs der Spur der ringförmigen Abstützung.

Dafür kann der Ring 25 auf dem Stempel 24 angeordnet oder integral mit einem trichterförmigen Stempel ausgebildet sein. Vorzugsweise liegt der Ring 25 mit einer schneidensförmigen Stirnfläche gegen die Rückseite der Spiegelplatte 13 an, wie in der Zeichnung mit dem dreieckförmigen Wandungsquerschnitt dargestellt, um für jeden Hub die gleiche geometrisch definierte Krafteinleitung zu erbringen. Allerdings führen betriebsbedingt nicht immer vermeidbare Harmonisierungsfehler, also ein Versatz des Ringes 25 aus seiner Konzentrität mit der optischen Achse der Spiegelplatte 13 zu einer Unsymmetrie bei der Auswölbung der Spiegelfläche 17 und so zu Abbildungsfehlern. Um das zu vermeiden ist es zweckmäßiger, den Ring 25 konzentrisch an der Rückseite der Spiegelplatte 13 etwa als kreisringför-

mig umlaufenden Wulst anzuformen oder auszuarbeiten. Dann kann die Axialsymmetrie der ringförmigen Druckübertragung auf die Spiegelplatte 13 nicht mehr dadurch gestört werden, daß der Aktuator 20 oder sein Druckübertragungs-Stempel 24 eventuell langsam aus der Spiegelachse 21 auswandern.

Eine Längsdehnung des Aktuators 20 führt jedenfalls in allen Durchmesserrichtungen der Spiegelplatte 13 zu derer durch die gestrichelten Pfeile in Fig. 1 dargestellten Beanspruchung und somit zu einer hohlkugelkappenförmigen zentralen Auswölbung der Spiegelfläche 17. Diese flache kuppelartige Verformung in der weiteren Umgebung des Zentrums der Spiegelfläche 17 ist sehr gut sphärisch, wenn der Ring 25 einen kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser in der Größenordnung der Hälfte des nutzbaren Durchmessers der Spiegelplatte 13 selbst aufweist. Die Kuppelform läßt sich außer durch den Radius des Ringes 25 auch durch die Stärke der Platte 13 beeinflussen, ibs. auch durch eine über dem Plattenradius variierende Materialstärke, wie in der Zeichnung ebenfalls zur Verdeutlichung axial überhöht durch einen geschwächten Mittenbereich in der Umgebung der zentralen Achse 21 gegenüber der Nachbarschaft zum Plattenrand 18 veranschaulicht.

Auch kann der Spiegelfläche 17 eine permanente Anfangsauswölbung eingeprägt sein, der die Verformungseffekte, die vom Aktuator 20 hervorgerufen werden, dann überlagert sind. Für diese Anfangsauswölbung kann eine vom Aktuator 20 hervorgerufene axiale Vorspannung herangezogen werden, statt dessen oder zusätzlich aber auch die Wirkung des Fluid-Kissens eines statischen Überdrucks in einer Kammer 26 innerhalb und außerhalb des Ringes 25 auf der von der Spiegelfläche 17 abgewandten Rückseite der Spiegelplatte 13. Diese direkt hinter der Spiegelplatte 13 gelegene Druckkammer 26 wird vom Stempel 24 koaxial wenigstens teilweise durchquert, und sie ist mit einem insbesondere gasförmigen oder flüssigen Fluid über einen Füllkanal 27 aufladbar, der dann mittels eines Verschlusses 28 hermetisch versiegelt wird. Die der Spiegelplatte 13 gegenüberliegende biegesteife Rückwand 29 der Kammer 26 ist gerade so elastisch, daß beispielsweise der Zentralbereich der Rückwand 19 die Bewegung des Stempels 24 in axialer Richtung mitmacht, so daß eine über den Ring-Stempel 24 hervorgerufene Ausbeulung der Spiegelplatte 13 nicht gegen einen Unterdruck, der sonst in der Kammer 26 entstehen würde, arbeiten muß.

Der eingelegte bzw. mit dem Stempel 24 oder bevorzugt mit der Spiegelplatte 13 integrale wulstförmige Ring 25 muß keine Kreisform haben. Besonders zweckmäßig ist ein im Querschnitt elliptischer Ring, denn die dann nicht kugelförmige sondern ellipsoide konvexe Verformung der Spiegelfläche 17 vermeidet selbst noch bei großen Strahleinfalls-
winkein (wie zur 90°-Umlenkung des Laserstrahles) trotz kreisscheibenförmiger Spiegelplatte 17 Astigmatismus-Fehler, wenn die ein- und ausgehenden Strahlen in der Ebene der Hauptachsen des elliptischen Ringes 25 liegen.

Um die aufgrund nicht-idealer Reflexion in der Spiegelfläche 17 von der Spiegelplatte 13 aufgenommene Verlustwärme abzuführen, ohne daß es zu einem Verformen infolge Aufheizens der Spiegelplatte 13 bzw. einer hinter ihre gelegenen Fluidfüllung der Druckkammer 26 und damit zu einem unreproduzierbaren betriebszeitabhängigen Ausbeulen der Spiegelfläche 17 kommt, liegt hinter der Kammer-Rückwand 29 aus gut wärmeleitendem Material wie Kupfer, Aluminium oder Messing ein Wärmetauscherraum 30, der zwangsweise von einem Kühlmedium 31 durchströmt wird. Der dem Aktuator 20 zugewandte metallene Sockel 33 des Stempels 24 liegt in diesem Kühlmittelstrom und fördert dadurch die großvolumige Wärmeableitung aus der Druck-

kammer 26 unmittelbar von der Rückseite der Spiegelplatte 13 über den Stempel 24.

Etwaige Druckschwankungen in der extern gepumpten Zwangsströmung des Kühlmediums 31 durch den Wärmetauscherraum 30 übertragen sich dann nicht über die Füllung der Spiegelkammer 26 zu Verformungen auf die Platte 13, wenn ein der Spiegelkammer-Rückwand 29 gegenüberliegender Abschluß 32 etwa in Form einer Ringscheibemembran gummielastisch biegeweicher ausgeführt ist, als die im Verhältnis dazu biegesteife Spiegelkammer-Rückwand 29. Denn dann führen Druckschwankungen im Kühlmedium 31 beim Durchströmen des Wärmetauscherraumes 30 in erster Linie zu Ausbeulungen des biegeweichen Abschlusses 32, aber praktisch nicht zu Einbeulungen der Spiegelkammer-Rückwand 29.

Bei einem deformierbaren Spiegel 11 mit von einem konzentrisch auf der Rückseite der Spiegelfläche 17 angreifenden Achsial-Aktuator 20 wird also – bei verringertem Aktuator-Hub für gleiche Kuppelhöhe – die Kuppel der konvexen Auswölbung der Spiegelfläche 17 großflächiger und zugleich besser der wünschenswerten Sphäre angenähert, wenn statt einer zentralen Krafteinleitung eine dezentrale Krafteinleitung an einander diametral gegenüberliegenden Stellen gewählt wird. Dafür arbeitet der Aktuator 20 auf einen die – insbesondere bei hohen Laserfrequenzen bevorzugt glasförmige – Spiegelplatte 13 rückwärtig gegen den Aktuator 20 abstützenden Ring 25, der vorzugsweise als umlaufender Wulst auf der Rückseite der Spiegelplatte 13 ausgebildet ist. Wenn dieser Ring 25 nicht längs einer kreisförmigen sondern längs einer im Querschnitt elliptischen Spur bei einem großen Durchmesser, der doppelt so groß wie sein kleiner Durchmesser ist, gegen die rund eingefasste Spiegelplatte 13 anliegt, werden auch bei großen Strahleinfallswinkeln Astigmatismuseffekte zuverlässig vermieden. Die Sphäre der Spiegelfläche 17 läßt sich außer über die Querschnittsgeometrie des Ringes 25 auch über eine zentralsymmetrische Schwächung der Spiegelplatte 13 beeinflussen, sowie durch statischen Überdruck einer fluidgefüllten Kammer 26 hinter der Spiegelplatte 13. In der Spiegelplatte 13 entstehende Verlustwärme wird über die Fluidfüllung der Kammer 26 und deren gut wärmeleitende, relativ biegesteife Rückwand 29 in einen als Wärmesenke dahinter gelegenen Wärmetauscherraum 30 druckabhängig variablen Volumens abgezogen und mit dem Zwangsumlauf eines ihn durchströmenden Kühlmediums 31 abgeführt.

Patentansprüche

1. Deformierbarer Spiegel (11), insbesondere für eine Laserstrahl-Materialbearbeitungseinrichtung, mit wenigstens einem translatorischen Aktuator (20), der zwischen der Rückseite der Spiegelplatte (13) und dem Spiegel-Gehäuse (12) angeordnet ist und durch koaxialen Angriff gegen die Spiegelplatte (13) deren gegenüberliegende Spiegelfläche (17) ansteuerungsabhängig, mehr oder weniger hohlkugelhappenförmig, konvex verwölbt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aktuator (20) an aus der Spiegel-Längsachse (21) radial heraus versetzten, aneinander diametral gegenüberliegenden Positionen gegen die Rückseite der Spiegelplatte (13) abgestützt ist.
2. Spiegel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Aktuator (20) über einen Ring (25) gegen die Rückseite der Spiegelplatte (13) anliegt.
3. Spiegel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (25) einen durchgehenden oder unterbrochenen kreisförmigen Querschnitt aufweist.
4. Spiegel nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

daß der Ring (25) einen durchgehenden oder unterbrochenen elliptischen Querschnitt aufweist.

5. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelplatte (13) eine Verbundplatte aus hochfest elastischem Trägermaterial auf Kupferbasis mit galvanisch aufgebracht und diamantgefräster Kupferschicht als Spiegelfläche (17) ist.

6. Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelplatte (13) eine einteilige oder eine zusammengesetzte Einkristall-Scheibe ist.

7. Spiegel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Spiegelplatte (13) eine Glas-scheibe ist.

8. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Ring (25) innerhalb einer hinter der Spiegelplatte (13) statisch mit Fluid gefüllten Druckkammer (26) angeordnet ist.

9. Spiegel nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein zwischen dem Aktuator (20) und dem achsial mit Druck zu beaufschlagenden Ring (25) gelegener Stempel (24) von der Druckkammer (26) in einen von Kühlmedium (31) zwangsdurchströmten Wärmetauscherraum (30) hinter der Druckkammer (26) hineinragt.

10. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, durch gekennzeichnet, daß zwischen einem Druckübertragungs-Stempel (24) und dem Aktuator (20) eine ballige Kuppe (22) gegen einen planen Sockel (23) achsial abgestützt ist.

11. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wärmetauscherraum (30) zu einer Druckkammer (26) hinter der Spiegelplatte (13) durch eine relativ biegesteife, gut wärmeleitende Kammer-Rückwand (29) abgegrenzt und gegenüberliegend durch eine biegeweiche Abschlußwand (32) begrenzt ist.

12. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckübertragung vom Aktuator (20) in die Rückseite der Spiegelplatte (13) über einen Ring (25) erfolgt, der zwischen der Spiegelplatte (13) und einem Druckübertragungs-Stempel (24) vor edem Aktuator (20) angeordnet ist.

13. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckübertragung vom Aktuator (20) in die Rückseite der Spiegelplatte (13) über einen Ring (25) erfolgt, der einstückig mit einem trichterförmig sich öffnenden Stempel (24) vor dem Aktuator (20) ausgebildet ist.

14. Spiegel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckübertragung vom Aktuator (20) in die Rückseite der Spiegelplatte (13) über einen Ring (25) erfolgt, der an der Rückseite der Spiegelplatte (13) in Form eines dünnen umlaufenden Wulstes ausgebildet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

